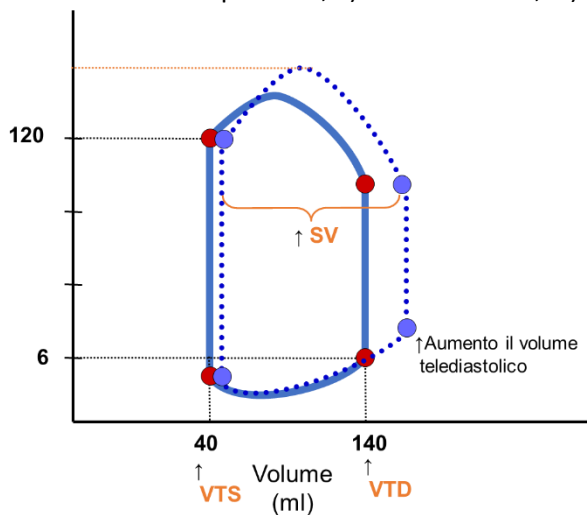


1. Mostrare, usando la curva P-V del cuore, come varia con l'aumento del **volume telediastolico** i) il lavoro meccanico per ciclo, ii) stroke volume, iii) frazione di eiezione.



- i) il lavoro e' l'area sotto il ciclo ( $P\Delta V$ ). Aumenta con aumento del VTD.  
 ii) Aumenta anche il SV cioe' la differenza tra VTD e VTS  
 $SV = VTD - VTS$ .  
 iii) aumenta anche la frazione eiettata (FE), infatti  $FE = SV / VTD$

2. Perchè non si può fare un auto-trapianto di tessuto muscolare scheletrico per riparare un cuore con infarto?

i) MS ha bisogno di un stimolo esterno per contrarre, cioe' e' volontario a differenza del MC; ii) MS ha un necessita' di un potenziale d'azione molto breve mentre nel MC il potenziale d'azione dura quanto la contrazione; iii) MS e' tetanizzabile (puo' morire se colpito da un TASER) ; iv) MS ha una sola orientazione.; v) MS e' composto da fibre che sono aerobiche, anaerobiche e miste mentre il MC e' solamente aerobico. La continuata contrazione puo' quindi portare al rilascio dell'acido lattico.

3. Elencare le differenze funzionali, meccaniche e strutturali tra legamento, tendine e cartilagne (in forma di una tabella).

	Cartilagne	Legamento	Tendine
Funzione	Ridurre attrito	Vincola movimento delle giunzioni	Trasmette le forze generate dal muscolo
Mecchaniche – Modulo elastico	500 MPa	1 GPa	2 GPa
Comportamento meccanico	Sistema bifasico, incomprimibile. Resiste compressione	Meno rigido del tendine. Resiste allungamento	Rigido, in grado di immagazzinare energia. Resiste in tensione
composizione	70-80% H2O	60-80% H2O	65-70 %
Collagene (Peso secco)	Tipo II, 60%	Tipo I 70-80%	Tipo I 75-85%
Elastina (Peso secco)	poco	15%	poco
Proteoglicani (Peso secco)	40%	poco	poco

4. Spiegare l'equazione di Hill, e i suoi limiti di applicabilità.

Applicabile solo al muscolo scheletrico tetanizzato e in contrazione isotonica.

Hill dimostro empiricamente che la potenza generato durante una contrazione era dovuto a un calore/s di contrazione, H, che era proporzionale alla velocita' di contrazione V e in piu' il lavoro meccanico per secondo generato durante la contrazione, W.

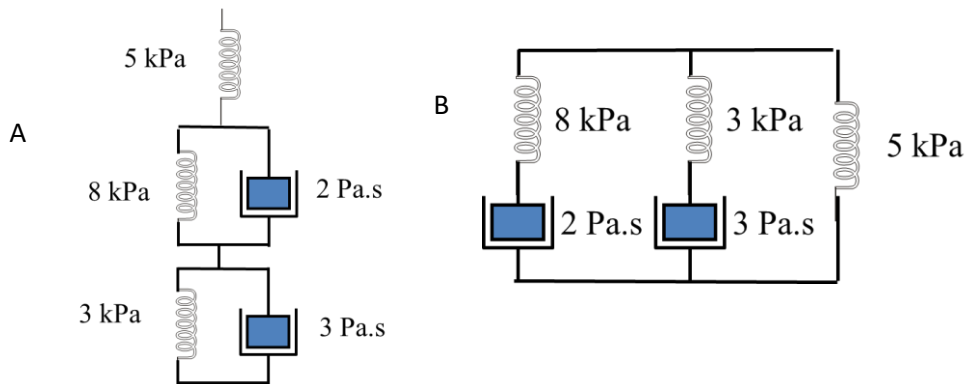
$$H + W = b(T_0 - T), \text{ e } H = aV$$

$$(V + b)(T + a) = b(T_0 + a)$$

5. Ricavare le equazioni per il comportamento a sollecitazioni di tipo creep per un sistema Voigt e un sistema a tre elementi (Standard Linear Solid).

Per la risposta vedere: <http://www.centropiaggio.unipi.it/course/material/laplace-method-deriving-stress-relaxation-creep-and-epsilon-dot-lumped-parameter>.

6. Ricavare la risposta istantanea ed all'equilibrio dei due sistemi in figura sottoposti a una sollecitazione in deformazione del 5% a gradino.



Gli elementi viscosi riescono a sopportare uno sforzo infinito nell'istante i cui viene applicato senza deformarsi (cioe e' come se gli elementi viscosi siano in "corto circuito").

Per A:  $\sigma = E\varepsilon; \sigma = 5kPa \times 0.05 = 250Pa$  ; Per B:  $\sigma = E\varepsilon; \sigma = (8kPa + 3kPa + 5kPa) \times 0.05 = 800Pa$

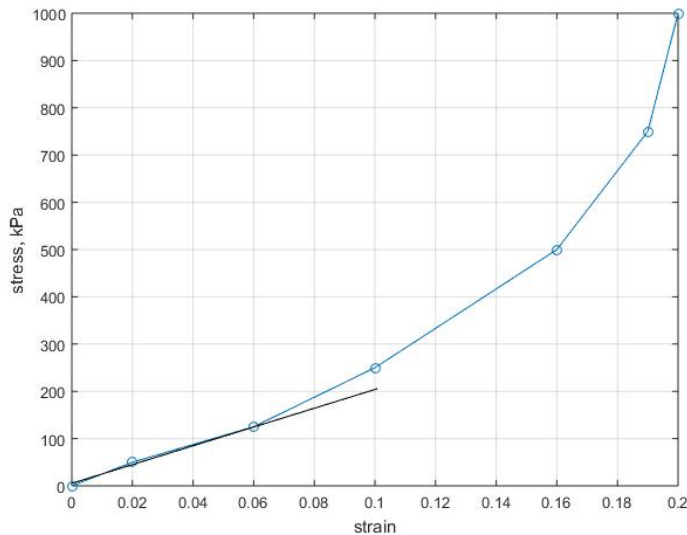
Invece all'equilibrio lo sforzo negli elementi viscosi e' zero (i rami contenenti pistoni non sono in grado di sostenere sforzi, come se fossero in circuito aperto).

Per A:  $\sigma = E\varepsilon; \sigma = \left( \frac{1}{1/5kPa + 1/8kPa + 1/3kPa} \right) \times 0.05 = 76Pa$  ;

Per B:  $\sigma = E\varepsilon; \sigma = 5kPa \times 0.05 = 250Pa$

7. Una striscia di pelle di lunghezza 5 cm, spessore 2 mm e larghezza 1 cm viene sottoposta a prove di trazione in senso longitudinale usando dei pesi. Dalla tabella derivare il modulo elastico della pelle e la sua energia di rottura.

Peso in g	Lunghezza in cm	deformazione		Sforzo kPa (peso in kg*g/(sezione, 2.10 <sup>-5</sup> m <sup>2</sup> ))
		$\varepsilon$	%	
0	5.0	0	0	0
100	5.1	0.02	2	50
250	5.3	0.06	6	125
500	5.5	0.1	1	250
1000	5.8	0.16	1.6	500
1500	5.95	0.19	1.9	750
2000	6.0	0.2	2	1000
2500	rottura			1250



La pendenza nella parte iniziale e' circa 200kP/0.1, per cui  $E=2000$  kPa.

L'energia di rottura per unita di volume e' pari all'area sotteso.

$$\frac{1}{2} \varepsilon \sigma V = 0.5 \times 0.2 \times 1000000 Pa \times (5.10^{-2} \times 1.10^{-2} \times 2.10^{-3}) = 0.1J$$

8. Calcolare il numero di Dean nell'aorta di un gatto dato: i) viscosità del sangue uguale a quella dell'uomo; ii) lunghezze scalate come  $b=1/3$ ; iii) flusso scalato come  $b=3/4$ .

$$De = Re \frac{r}{R} = \frac{\rho UL}{\eta} \frac{r}{R} = \frac{\rho QL}{\pi r^2 \eta} \frac{r}{R} = \frac{\rho Q 2}{\pi \eta} \frac{1}{R}$$

$$L = 2r; U = \frac{Q}{\pi r^2}$$

Si tratta quindi di calcolare il raggio di curvatura R e il flusso Q per un gatto. Il peso puo' essere tra 1 e 5 kg. Seguono conti per 2 kg.

$$R_{uomo} = aM_{uomo}^{1/3}; R_{gatto} = aM_{gatto}^{1/3}$$

$$Q_{uomo} = aM_{uomo}^{3/4}; Q_{gatto} = aM_{gatto}^{3/4}$$

$$R_{gatto} = R_{uomo} \left( \frac{M_{gatto}}{M_{uomo}} \right)^{1/3}$$

$$Q_{gatto} = Q_{uomo} \left( \frac{M_{gatto}}{M_{uomo}} \right)^{3/4}$$

$$R_{gatto} = 4 \left( \frac{2}{70} \right)^{1/3} = 1.22cm$$

$$Q_{gatto} = 5L / \min \left( \frac{2kg}{70kg} \right)^{3/4} = 0.35L / \min$$

Quindi Dean e'

$$De = \frac{\rho Q 2}{\pi \eta} \frac{1}{R} = \frac{1000 \times 0.35 \cdot 10^{-3} \times 2}{\pi \times 0.004 \times 60 \times 1.22 \cdot 10^{-2}} = 76$$